

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-068518  
(43)Date of publication of application : 16.03.2001

(51)Int.Cl. H01L 21/66

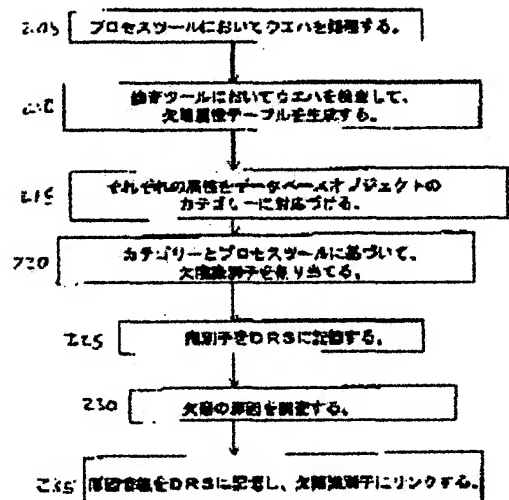
(21)Application number : 2000-216171 (71)Applicant : APPLIED MATERIALS INC  
(22)Date of filing : 17.07.2000 (72)Inventor : HARVEY STEFANIE REISS TERRY

(30)Priority  
Priority number : 99 144129 Priority date : 16.07.1999 Priority country : US  
00 586540 31.05.2000 US

## (54) AUTOMATIC PATTERN CLASSIFYING METHOD BASED ON DEFECT- REFERENCING SYSTEM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To identify causes of defects using a standardized qualitative method during in-process inspection of a wafer, by assigning generalized symbols to attributes of a single subset of a plurality of database objects corresponding to feature attributes, and storing identifiers corresponding to features in a database.  
**SOLUTION:** A semiconductor wafer is processed, using a process tool or tools to determine defect attributes (205). Then, a table or tables are created, where defects are described in the form of a concept flowchart (210). Thereafter, each attribute is generalized by expressing it qualitatively, rather than quantitatively. Then, each attribute is correlated to a category, which is a subset of database objects (215). After categorizing all the defect attributes, their identifiers are assigned, which are prepared by arranging in a predetermined sequence, symbols of the categories to which the defect attributes belong (220). The defect identifiers, identifying related cause information, are stored in a storage device (225). Stored process parameters and data are also linked with the defect identifiers (235).



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-68518

(P2001-68518A)

(43)公開日 平成13年3月16日 (2001.3.16)

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 L 21/66

H 0 1 L 21/66

J

A

審査請求 未請求 請求項の数24 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願2000-216171(P2000-216171)

(22)出願日 平成12年7月17日(2000.7.17)

(31)優先権主張番号 60/144129

(32)優先日 平成11年7月16日(1999.7.16)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(31)優先権主張番号 09/586540

(32)優先日 平成12年5月31日(2000.5.31)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 390040660

アプライド マテリアルズ インコーポレ  
イテッド

APPLIED MATERIALS, I  
NCORPORATED

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

95054 サンタ クララ パウアーズ ア  
ベニュー 3050

(74)代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外1名)

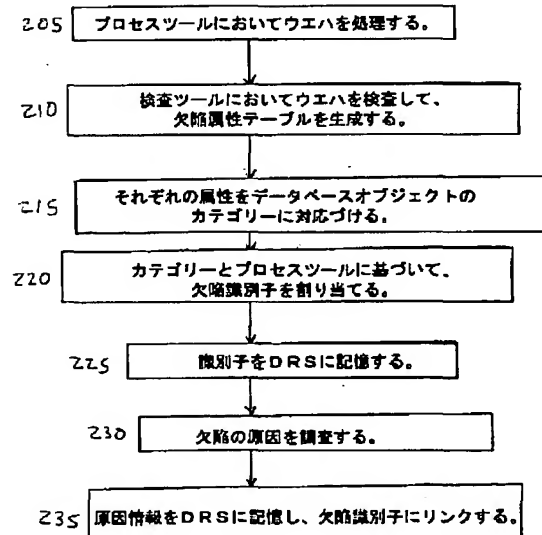
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 欠陥参照システムによる自動パターン分類方法

(57)【要約】

【課題】 製品において検査された欠陥の原因を特定するための方法および装置を得ることを目的とする。

【解決手段】 関連する欠陥特徴と、信頼性情報も含めて、ウエハが通過したプロセスツールに関する情報とに基づいて、数列のようなシンボルの列によって、半導体基板表面上の欠陥のような物品の特徴を定性的に識別するための方法が提供される。実施形態では、ウエハ上の欠陥が、発見され、(例えば、光学的精査、SEM、EDS、AFMなどによって)検査された後、欠陥の寸法、材料組成、色、ウエハ表面上の位置のような欠陥のそれぞれの定量的な属性を定性的なカテゴリー内に一般化すること、識別のために数値シンボルをそれぞれの属性に割り当てること、および、シンボルを予め定められた方法で列の中に配置することを含む。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物品の特徴を分類する方法であって、  
(a) 特徴の属性を決定する工程と、(b) それぞれの  
カテゴリーが、属性に対応する複数のデータベースオブ  
ジェクトの中の1つのサブセットであり、それぞれの属  
性を、1つかまたはそれ以上のカテゴリーに対応づける  
ことによって、その属性を一般化する工程と、(c) そ  
れぞれのカテゴリーにシンボルを割り当てる工程と、  
(d) カテゴリーのシンボルを予め定められた列の中に  
配置して、その特徴に対する識別子を形成する工程と、  
(e) その識別子をデータベースに記憶する工程と、  
を含む方法。

【請求項2】 検査ツールを用いて物品を検査して属性  
を決定する工程を含む請求項1に記載の方法。

【請求項3】 物品を検査する前に、プロセスツールを  
用いて物品にプロセスステップを施す工程と、  
プロセスツールの識別子として、プロセスツールに1つ  
のシンボルを割り当てる工程と、  
列の中にプロセスツールのシンボルを含める工程と、  
を含む請求項2に記載の方法。

【請求項4】 プロセスステップが、一組のプロセスパ  
ラメータを用いて施される請求項3に記載の方法であ  
って、  
プロセスパラメータを記憶する工程と、  
プロセスパラメータと識別子とをリンクする工程と、  
を含む方法。

【請求項5】 特徴が、物品表面上の複数の欠陥からな  
り、前記方法が、複数の欠陥を、予め定められた形状カ  
テゴリサブセットを有するパターンデータベースオブ  
ジェクトとして一般化する工程を含む請求項1に記載の  
方法。

【請求項6】 特徴が、物品表面上の複数の欠陥からな  
り、前記方法が、複数の欠陥を、物品表面上の予め定め  
られた位置カテゴリサブセットを有するパターンデー  
タベースオブジェクトとして一般化する工程を含む請求  
項1に記載の方法。

【請求項7】 物品が、半導体基板であり、特徴が、半  
導体基板表面上の複数の欠陥からなり、前記方法が、光  
学検査ステーション、ウエハ検査ステーション、走査型  
電子顕微鏡(SEM)、原子間力顕微鏡(AFM)、エ  
ネルギー分散型分光器(EDS)、または、化学分析用  
電子分光器(ESCA)の少なくとも1つを用いて、物  
品を検査する工程を含む請求項2に記載の方法。

【請求項8】 物品が、半導体基板であり、特徴が、半  
導体基板表面上の複数の欠陥からなり、前記方法が、  
物品を検査して、複数の欠陥の欠陥マップを作成し、そ  
れによって、それぞれの欠陥の属性が、基板表面上のそ  
れの位置に対応する一組の座標を備える工程と、  
基板をセクターに分割する工程と、  
欠陥の座標に基づいて、それぞれの欠陥をセクターの1

つに対応づける工程と、

それぞれのセクター内の欠陥をカウントする工程と、  
それぞれのセクター内の欠陥の数を予め定められたしき  
い値と比較する工程と、

第1のセクター内の欠陥の数が、予め定められたしきい  
値よりも大きいまたは等しければ、第1のセクター内  
の欠陥を、第1のセクターを含むパターンデータベース  
オブジェクトのカテゴリーに対応づける工程と、  
を含む請求項1に記載の方法。

【請求項9】 特徴が、複数の欠陥からなり、前記方法  
が、複数の欠陥を、予め定められたフラクタルな数のサ  
ブセットを有するパターンデータベースオブジェクトと  
して一般化する工程を含む請求項1に記載の方法。

【請求項10】 シンボルが整数である請求項1に記載  
の方法。

【請求項11】 特徴が、物品の欠陥からなり、前記方  
法が、  
プロセスツールに関係する欠陥原因を決定する工程と、  
原因と識別子とをリンクする工程と、  
を含む請求項3に記載の方法。

【請求項12】 複数の特徴に対して、工程(a)～  
(e)を反復する工程と、  
データベース内の識別子の1つかまたはそれ以上の対応  
するシンボルに基づいて、対応する識別子を探索する工  
程と、  
を含む請求項1に記載の方法。

【請求項13】 物品の特徴を分類するための命令を含  
むコンピュータ可読媒体であって、前記命令は、それが  
実行されると、(a) 特徴の属性を受け取る工程と、

(b) それぞれのカテゴリーが、属性に対応する複数の  
データベースオブジェクトの中の1つのサブセットであ  
り、それぞれの属性を、1つかまたはそれ以上のカテゴ  
リーに対応づけることによって、その属性を一般化する  
工程と、(c) それぞれのカテゴリーにシンボルを割り  
当てる工程と、(d) カテゴリーのシンボルを予め定め  
られた列の中に配置して、その特徴に対する識別子を形  
成する工程と、(e) その識別子をデータベースに記憶  
する工程と、

を1つかまたはそれ以上のプロセッサに実行させるよう  
になされている、コンピュータ可読媒体。

【請求項14】 物品が、検査ツールを用いて検査さ  
れ、命令は、それが実行されると、検査ツールから特徴  
の属性を受け取る工程を、1つかまたはそれ以上のプロ  
セッサに実行させるようになされている請求項13に記  
載のコンピュータ可読媒体。

【請求項15】 物品を検査する前に、プロセスステッ  
プが、プロセスツールを用いて物品に施され、命令は、  
それが実行されると、  
プロセスツールの識別子として、プロセスツールに1つ  
のシンボルを割り当てる工程と、

列の中にプロセスツールのシンボルを含める工程と、を1つかまたはそれ以上のプロセッサに実行させるようになされている、請求項14に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項16】 プロセスステップが、一組の記憶されたプロセスパラメータを用いて施され、命令は、それが実行されると、プロセスパラメータと識別子とをリンクする工程を、1つかまたはそれ以上のプロセッサに実行させるようになされている請求項15に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項17】 特徴が、物品表面上の複数の欠陥からなり、命令は、それが実行されると、複数の欠陥を、予め定められた形状カテゴリーサブセットを有するパターンデータベースオブジェクトとして一般化する工程を、1つかまたはそれ以上のプロセッサに実行させるようになされている請求項13に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項18】 特徴が、物品表面上の複数の欠陥からなり、命令は、それが実行されると、複数の欠陥を、物品表面上の予め定められた位置カテゴリーサブセットを有するパターンデータベースオブジェクトとして一般化する工程を、1つかまたはそれ以上のプロセッサに実行させるようになされている請求項13に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項19】 物品が、半導体基板であり、特徴が、半導体基板表面上の複数の欠陥からなり、命令は、それが実行されると、光学検査ステーション、ウエハ検査ステーション、走査型電子顕微鏡 (SEM)、原子間力顕微鏡 (AFM)、エネルギー分散型分光器 (EDS)、または、化学分析用電子分光器 (ESCA) の少なくとも1つから特徴の属性を受け取る工程を、1つかまたはそれ以上のプロセッサに実行させるようになされている請求項14に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項20】 物品が、半導体基板であり、特徴が、半導体基板表面上の複数の欠陥からなり、命令は、それが実行されると、複数の欠陥の欠陥マップを検査ツールから受け取り、それによって、それぞれの欠陥の属性が、基板表面上のその位置に対応する一組の座標を備える工程と、基板をセクターに分割する工程と、欠陥の座標に基づいて、それぞれの欠陥をセクターの1つに対応づける工程と、それぞれのセクター内の欠陥をカウントする工程と、それぞれのセクター内の欠陥の数を予め定められたしきい値と比較する工程と、第1のセクター内の欠陥の数が、予め定められたしきい値よりも大きいまたは等しければ、第1のセクター内の欠陥を、第1のセクターを含むパターンデータベースオブジェクトのカテゴリーに対応づける工程と、を1つかまたはそれ以上のプロセッサに実行させるよう

になされている請求項14に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項21】 特徴が、物品表面上の複数の欠陥からなり、命令は、それが実行されると、複数の欠陥を、予め定められたフラクタルな数のサブセットを有するパターンデータベースオブジェクトとして一般化する工程を1つかまたはそれ以上のプロセッサに実行させるようになされている請求項13に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項22】 命令は、それが実行されると、整数をシンボルとして割り当てる工程を1つかまたはそれ以上のプロセッサに実行させるようになされている請求項13に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項23】 特徴が、物品の欠陥からなり、欠陥の原因が、決定されて記憶され、原因が、プロセスツールに関係するものであり、命令は、それが実行されると、原因と識別子とをリンクする工程を1つかまたはそれ以上のプロセッサに実行させるようになされている請求項15に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項24】 命令は、それが実行されると、複数の特徴に対して、工程 (a) ~ (e) を反復する工程と、データベース内の識別子の1つかまたはそれ以上の対応するシンボルに基づいて、対応する識別子を探索する工程と、を1つかまたはそれ以上のプロセッサに実行させるようになされている請求項13に記載のコンピュータ可読媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、製品において検査された欠陥の原因を特定するための方法および装置に関する。特に、本発明は、サブミクロンデザイン形状を有する高密度半導体デバイスを製造する際に、半導体ウエハをインライン方式で検査するのに有効である。

【0002】

【従来の技術】 現在要求されているウルトラLSIに関連した高密度化および高性能化は、サブミクロン形状、速いトランジスタおよび回路の速度、および、改善された信頼性を必要とする。そのような要求は、高い精度および均一性をもってデバイス形状を形成することを必要とし、それは、とりもなおさず、注意深くプロセスを監視することを必要とし、たとえばデバイスがまだ半導体ウエハの形態であっても、それらのデバイスを頻繁かつ詳細に検査しなければならない。

【0003】 従来のウエハ製造プロセス制御技術は、バーコードラベルのようなウエハ識別法を用いて、インプロセスでウエハを観測する。各プロセスステップ (例えば、酸化膜成長、エッチング、洗浄、スパッタ、など) が終了した後、ウエハロットに関する情報、および、

「最後に通過したツール」、すなわち、そのロットを処理する際に使用した特定のオープン、エッチング装置、洗浄装置、ポリシング装置などに関する情報が、「製造実行システム(MES)」として知られている、コンピュータソフトウェアによって実現されたデータベースシステム内に入力される。そのような情報には、ウエハ識別情報、ウエハに関するパラメータ、および、最後に通過したツールで使用されたプロセスパラメータが含まれる。したがって、MESは、終了したプロセスステップ、そのプロセスステップが実施されたときのツール、および、そのプロセスステップが実施されたときのウエハを観測する。

【0004】一連のプロセスステップが終了した後、および/または、複雑なフォトリソマスクを形成するような重要なプロセスステップが終了した後、ロット中のいくつかのウエハが、MESからの指示に基づいて、典型的にはスタンドアロン検査ツールにおいて検査される。検査ツールにおいては、典型的には、検査されるべきウエハの表面が、例えば、CCD(電荷結合素子)のような光電変換器、走査型電子顕微鏡(SEM)、または、レーザ顕微鏡のような高速検査装置によって走査される。典型的には、検査ツールは、それがいつその検査を完了したかをMESに通知する。その後、統計的方法が、検査ツールによって使用され、欠陥を有する可能性の高いウエハ上の疑わしい位置を示す欠陥マップが作成される。潜在的な欠陥の数および/または密度が所定のレベルに到達すると、アラームが鳴らされ、潜在的な欠陥箇所をより詳細に調査すべきことを知らせる。

【0005】そして、検査ツール、または別のスタンドアロン精査ステーションにおいて、欠陥の存在をはっきりと判定するために、典型的には、疑わしい欠陥箇所の画像を基準画像と比較することによって、潜在的な欠陥箇所が、欠陥マップを用いて精査され、そして、画像を分析して、欠陥の種類(例えば、欠陥パターン、微粒子、または、スクラッチ、など)が特定される。ウエハ製造業者によって使用される良く知られたウエハ検査技術には、光散乱技術、光学技術、SEM、および、エネルギー分散型分光法(EDS)が含まれる。また、その他の良く知られたウエハ検査方法も、一般的に使用され、それらには、原子間力顕微鏡(AFM)、ラマン透過型電子顕微鏡、ウルトラポイント透過型電子顕微鏡(TEM)、メタパルス分光器、蛍光分光器、化学分析用電子分光器(ESCA)などが含まれる。上述したそれぞれの方法は、欠陥に関する様々な情報を提供する。例えば、AFMは、欠陥の大きさおよび形状を明らかにすることができ、EDSおよびESCAは、欠陥の化学組成を明らかにすることができる。

【0006】現在の「最新テクノロジー」によるウエハ処理施設においては、MESからのプロセスデータ、および、検査ツールおよび精査ステーションからの検査お

よび精査の結果は、「歩留り管理システム(YMS)」と呼ばれる別のスタンドアロンコンピュータソフトウェアによって実現されたシステムに定期的にダウンロードされ、この歩留り管理システムは、統計的プロセス制御方法を用いて、プロセス品質を監視する。プロセスが所定の管理限界の範囲外でなされているとYMSが判定すれば、YMSは、例えば、欠陥を呈しているウエハが通過したツールおよびそれらのツールで使用されたプロセスパラメータのリストのようなデータを生成し、それらのデータは、処理上の問題を診断するのに役立つ。そして、ユーザは、欠陥の原因を究明しようとするときに、このデータを分析してもよい。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】不都合にも、欠陥は、産業界全体にわたる標準的な方法で表現されておらず(すなわち、同一デバイス製造会社内の製造施設間で、あるデバイス製造業者と別のデバイス製造業者との間で、および、製造業者と機器提供業者との間で、欠陥の表現がそれぞれ異なる)、そのために、欠陥を識別し、原因を究明しようとするのを妨げる。例えば、ある種類の欠陥は、日本では「目玉焼き」欠陥と呼ばれるが、米国のある製造業者によれば「宇宙船」欠陥と呼ばれる。このように、異なる文化を有する製造業者と機器提供者との間で情報を解釈および交換するのはより困難となる。

【0008】さらには、たとえ欠陥が識別されたとしても、それらの欠陥を迅速かつ容易に根本的な原因に結びつけることはできない。例えば、YMSが、その管理限界の範囲外でなされているプロセスのツールおよびプロセスパラメータを識別できたにしても、特定の欠陥が検出されたとき、YMSは、もっとも不具合のありそうなツールまたはプロセスパラメータを識別することはできない。さらにまた、特定のツールが、欠陥の発生源として識別されたとしても、YMSは、その欠陥を、ツールにおける特定の不具合、材料の不具合(すなわち、部品の不具合)、または、特定のプロセス条件に結びつけることができない。

【0009】半導体ウエハをインプロセスで検査するための、標準化されたやり方で欠陥を識別する方法が必要とされている。さらに、欠陥の根本的な原因を容易に識別し、それによって、早期の是正処置をとることができるように、ウエハが通過するツールに関する検査方法と、欠陥が検出されたそれらのツールの信頼性情報が必要とされている。この必要性は、表面形状の密度、ダイの寸法、および、デバイスにおける層の数が増大し、欠陥の数を大幅に減少させて満足できる製造歩留りを達成することが益々要求されるにつれて、より重要なものになりつつある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の利点は、標準化

された定性方法で、半導体ウエハのような製品の欠陥を識別できることであり、それによって、容易に、欠陥に関する情報を、欠陥に結びつけ、記憶し、そして、探索することができる。本発明のさらなる利点は、欠陥を識別する際に、欠陥の原因に関する情報を包含できることであり、それによって、プロセスの問題範囲、および、欠陥の原因とそれの是正処置との関係を効率的に識別することができる。

【0011】本発明によれば、上述した利点およびその他の利点は、その一部が、物品の特徴を分類する方法によって達成され、その方法は、特徴の属性を決定する工程と、それぞれのカテゴリが、属性に対応する複数のデータベースオブジェクトの中の1つのサブセットであり、それぞれの属性を、1つかまたはそれ以上のカテゴリに対応づけることによって、その属性を一般化する工程と、それぞれのカテゴリにシンボルを割り当てる工程と、カテゴリのシンボルを予め定められた列の中に配置して、その特徴に対する識別子を形成する工程と、その識別子をデータベースに記憶する工程とを備える。

【0012】本発明のもう1つの側面は、本発明による方法の上述した工程を実行する命令を記録したコンピュータ可読媒体である。

【0013】この分野に精通する者は、本発明の好ましい実施形態のみをただ単に本発明を実施するための最良の形態の例として図示および説明した以下の詳細な説明から、本発明のさらなる利点を容易に想到することができる。明らかなように、本発明は、別の様々な実施形態が可能であり、そのそれぞれの細部は、当然ながら、本発明からまったく逸脱することなく、様々な点において変更が可能である。したがって、図面および詳細な説明は、ただ単に例と見做されるべきであり、本発明を限定するものではない。

【0014】

【発明の実施の形態】図面を参照すると、各図面を通して、同じ符号を有する構成要素は、類似する構成要素を表す。

【0015】半導体ウエハのような製品をインプロセスで検査するための従来の方法は、欠陥を識別するにしても、標準化された定性的な方法で欠陥を識別することはなく、あるいは、欠陥発生源を早期に確実に識別することをもたらすかもしれないウエハが通過したツールに関する情報を提供することはない。本発明は、関連する欠陥特徴と、信頼性情報を含めて、最後に通過したツールに関する情報とに基づいて、数列のようなシンボルの列でもって欠陥を定性的に識別することによって、これらの問題を解決し、それによって、欠陥の根本的な原因を即座に識別することができ、かつ、早期に是正処置をとることができる。

【0016】本発明の1つの実施形態によれば、例え

ば、光学精査装置、SEM、EDS、AFMなどによって、ウエハ上の欠陥が、発見および検査された後、欠陥の寸法、材料の組成、色、ウエハ表面上の位置などのような、欠陥のそれぞれの定量的属性が、定性的カテゴリ内に一般化され、識別のための数値シンボルを割り当てられる。例えば、79%のアルミニウムからなるほぼ円形の直径が約1ミクロンの微粒子は、「アルミニウム」(欠陥の材料)を表現する数値、「円形」(欠陥の形状)を表現するもう1つの数値、および、「2ミクロン以下の直径」のような欠陥の寸法範囲を表現するさらなる数値からなる、所定の順序で並べられた数列によって識別される。したがって、あらゆる欠陥は、視覚的なパターンまたは言語記述によってではなく、数学的記述によって識別される。すべての欠陥の識別数列は、データベース内に記憶され、そこでは、欠陥が、容易に、別の同様に識別された欠陥と比較される。

【0017】さらに、本発明の1つの実施形態においては、識別数列は、好都合にも、検査の前にウエハが最後に通過したプロセスツールを表現する数値を含み、それによって、その欠陥をツールに対応づける。欠陥が、調査され、ツールの特定の不具合(例えば、特定の機械要素または特定のプロセス現象の不具合)によって発生したことが決定されると、この情報が、記憶され、欠陥の識別数列にリンクされる。その後、類似した欠陥が別のウエハにおいて発生し、欠陥データベースを探索することによって、最近の欠陥の識別数列が以前の欠陥の識別数列と一致したならば、最近の欠陥は同じ原因によることを示し、それによって、その最近の欠陥の原因を調査するのを容易にする。

【0018】さらに、多くの欠陥およびそれらの原因に関する情報がデータベース内に増えるにつれて、特定の種類のツールにリンクされた特定の種類の欠陥が識別されると、その欠陥は、以前に調査された欠陥の類似するケースに関連づけられ、欠陥の原因を究明するのに要する時間および労力を劇的に減少させる。例えば、直径が2ミクロン以下の円形のアルミニウム微粒子が、化学的気相堆積(CVD)プロセスの後に発見され、データベース内のそのような欠陥の10個のうち9個が、CVDチャンバー内のアーク放電によって過去に発生していれば、アーク放電が、その最近の欠陥を発生させた公算がもっとも高いと考えられる。このように、本発明は、欠陥の原因を判定するのを容易にし、早期に是正処置をとることを可能にし、例えば、機械的な破局故障と、消耗品保守項目または予防保守項目に関連した故障とを見分けることができる。

【0019】さらにまた、本発明は、様々な根本原因の統計的発生確率を提供する。欠陥識別が与えられれば、本発明は、例えば、欠陥が部品XYZによって発生する確度は25%であり、また、欠陥がプロセスABCによって発生する確度は75%であることを指示することが

できる。さらに、根本的な原因が選択されると、本発明は、与えられた解の確率を提供することができる（例えば、解1は、問題を解決する30%の確率を有し、解2は、問題を解決する10%の確率を有し、解3は、問題を解決する60%の確率を有する）。

【0020】本発明の実施形態が、図1～図4Bに示される。図1に示されるように、本発明は、好ましくは、ここに開示される分析を電子的に実行するプロセッサ100と、モニター110のような、プロセッサ100の分析結果を表示するための入力/出力装置と、キーボード120とにおいて実施される。プロセッサ100は、従来のMES130、従来のYMS140、および、様々な従来の検査ツール150と通信を行うことができる。検査ツール150は、光学検査ツール、SEM、および、ユーザの要求に応じて、EDS、AFM、ESCAなどを実行するツールを含んでもよい。サーバのような記憶装置160が、プロセッサ100の計算結果を記憶し、この記憶装置160は、「欠陥参照システム」(DRS)と呼ばれる。

【0021】ここで、図1および図2を参照すると、ステップ205 (図2)において、半導体ウエハは、プロセスツールまたは一連のツールにおいて処理される。典型的には、ツールごとに、プロセスツールに固有のツール識別子が、そのツールで使用される一組のプロセスパラメータとともに、MES130 (図1)内に記憶される。検査の前になされるべきプロセスステップがもうないと判断されると (ユーザによって人手でか、あるいは、MES130によって自動的に)、ウエハは、検査ツール150に運ばれる。ステップ210において、ウエハは、ユーザの要求に応じて、欠陥を発見するために、検査ツール150で検査され、「欠陥属性」すなわち欠陥の特徴が決定される。例えば、アルゴリズムおよび/または階調解析を典型的に含む統計的方法を用いて、良く知られた欠陥マップが、Applied Materials of Santa Clara, CAから市販されているWF-736のような光学検査ツールによって作成され、高い欠陥を有する確率を有する検査されたウエハ上の疑わしい位置を識別する。そして、Applied Materials of Santa Clara, CAから市販されているSEM VisionTMのような精査ツールにおいて、良く知られたパターン認識技術を用いて、あるいは、「Automatic Defect Classification With Invariant CoreClasses (不変のコアクラスによる欠陥自動分類)」と称する1998年7月8日出願され、その開示内容全体がここに援用される同時係属中の出願第09/111,454号 (代理人整理番号第49959-013号)に記載されるような自動化技術を用いて、欠陥の再検出、分析、および、分類が、実行される。

【0022】ステップ210におけるウエハの検査から、図3の概念フローチャートにA～Kとして示される、欠陥を記述する欠陥属性の「テーブル」またはリストが得られる。異なるそれぞれのウエハ検査ツール150が、いくつかの欠陥属性A～Kを提供する。例えば、SEM分析から得られる微粒子型欠陥の欠陥属性C～Eは、例えば、ウエハ上の欠陥の位置、軸方向の寸法、形状、および、欠陥はウエハ内に食い込んでいるのか、あるいは、ウエハ表面に載っているのかを含むが、EDSは、欠陥の化学組成 (すなわち、属性FおよびG)を明らかにする。さらに、欠陥属性A～Kは、典型的には、欠陥の数およびそれぞれの欠陥のウエハ上の位置のような、ウエハ検査で作成された欠陥マップからのデータ (すなわち、属性H～J)を含む。

【0023】欠陥属性が決定された後、それらの属性を定量的にではなく定性的に表現することによって、属性が、「一般化」される。ステップ215において、それぞれの属性が、「データベースオブジェクト」410の中の前め定められたサブセットである少なくとも1つのカテゴリーに対応づけられる (図3および図4Aを参照)。データベースオブジェクト410は、「微粒子」、「寸法」、「組成」、「色」、「ウエハ上の位置」、など、多くの特徴評価を含むが、1つかまたはそれ以上の限られた数の特定の特徴がユーザによって意義があると判定されると、データベースオブジェクト410の中のカテゴリーまたはサブセット420によって、欠陥属性をさらに細かく分類および識別することができる。このように、欠陥情報が、標準化および単純化され、その後のデータの探索を容易にする。

【0024】例えば、微粒子欠陥は、「微粒子」と呼ばれるデータベースオブジェクト410の中の「パターン上の微粒子」または「パターン内に食い込んだ微粒子」と呼ばれるカテゴリー420に入れられる。幅が1ミクロンで長さが4ミクロンの寸法 (すなわち、属性)を有する微粒子は、例えば、「形状」データベースオブジェクト410の中の4:1の軸比を有する楕円形として分類され、球状の微粒子は、このデータベースオブジェクトの中の1:1の軸比として分類される。さらに、図4Aに示されるように、直径が1.5ミクロンの球状微粒子は、例えば、直径が1～2ミクロンの球状微粒子として分類される (「×」を参照)。微粒子が2.3ミクロンの直径を有していれば、その微粒子は、直径が2～3ミクロンの球状微粒子として分類される。同様に、ステンレス鋼からなる微粒子は、例えば、鉄 (Fe)、クロム (Cr)、ニッケル (Ni)、および、炭素 (C)を含むものとして分類され、それによって、金属合金からその成分 (Fe、Cr、Ni、C)までを一般化する。あるいは、ユーザがより詳細に分類するのを要望する場合には、ステンレス鋼からなる微粒子は、「主成分」データベースオブジェクト内の鉄と、個々の「副成



分」データベースオブジェクト内のクロム、ニッケル、および、炭素とを含むものとして分類される。

【0025】本発明の別の実施形態においては、複数の欠陥属性は、従来の欠陥マップからの「パターン」データベースオブジェクト410の中のサブセットカテゴリー内に一般化される。従来の欠陥マップからのそれぞれの欠陥箇所の位置は、xおよびy座標属性として処理される。欠陥箇所は、それらの座標を記録され、ウエハ上のそれぞれ独立した領域を規定する予め定義された「セクター」の欠陥密度を形成する。パターンは、セクターの欠陥密度によって定義され、それによって、欠陥密度を数学的に記述する。本発明のこの実施形態による方法は、迅速かつ正確にパターンを決定するのに役立ち、ユーザの判断を必要としない。

【0026】図5A、図5B、および、図6のフローチャートを参照すると、ステップ600において、典型的には、光学検査ツールにおいて従来の方法でウエハが検査され、疑わしい欠陥箇所Dを有する欠陥マップMが作成される。ステップ905において、ウエハ表面が、図5Bのセクター1〜9のようなセクターに分割され、それらのセクターは、期待有意欠陥領域に対応する。ステップ610において、それぞれの欠陥箇所Dが、セクター1〜9の1つに対応づけられ、ステップ615において、それぞれのセクター内にある欠陥箇所のカウント数が、決定される。つぎに、それぞれのセクター1〜9内にある欠陥箇所の数が、予め定められたしきい値または標準偏差と比較される（ステップ620参照）。そして、ステップ625において、欠陥マップが、欠陥属性として処理され、しきい値よりも多い欠陥箇所の数を有するセクター1〜9に基づいて、パターンデータベースオブジェクトのサブセットカテゴリー内に一般化される。

【0027】例えば、図5Bのセクター1〜9に基づいて、9の階乗（9!）のサブセットカテゴリーを有するパターンデータベースオブジェクトが生成される。セクターごとの欠陥箇所の数の予め定められたしきい値が、25であれば、図5Aの欠陥マップMは、セクター2および6が多くの欠陥箇所を含むことを反映しているカテゴリー内に存在するものとして一般化される。

【0028】欠陥マップMの欠陥箇所Dが、ウエハ表面のセクター1〜9のような予め定められたセクターに対応づけられている本発明の別の実施形態においては、パターンデータベースオブジェクトは、期待有意欠陥箇所分布に対応する予め定められた形状カテゴリーサブセットを有する。ここで、図7Aを参照すると、相当な数の欠陥箇所が、セクター9内で検出されると、欠陥マップは、「中心部の欠陥」パターンカテゴリーに入れられる。図7Bの欠陥マップにおいては、欠陥箇所は、セクター1〜4内に集中しているので、この欠陥マップは、「ドーナツ」形パターンカテゴリーに入れられる。ドーナツ形パターンは、意義がある。なぜなら、ウエハが通過する真空チャックのようなツールに問題があることを指示している場合があるからである。図7Cは、クランプリングによって発生する場合があるような、セクター5〜8内に集中する欠陥箇所を示し、そのために、この欠陥マップは、「リング」または「外縁」形パターンカテゴリーに入れられる。

【0029】あるいは、従来の空間特徴解析（SSA）が、欠陥箇所のパターンを解析するのに使用されてもよく、典型的には、YMS140からの情報を使用する。そして、SSAの結果は、さらなる欠陥属性として扱われ、パターンデータベースオブジェクトの適切な1つのサブセットカテゴリーまたは複数のサブセットカテゴリー内に一般化される。

【0030】本発明のさらにもう1つの実施形態においては、図7Dに示されるように、欠陥マップMの欠陥箇所Dが、ランダムなパターンを形成する場合、予め定められたフラクタルな数のサブセットを有するパターンデータベースオブジェクトが使用される。この実施形態においては、欠陥箇所のパターンは、National Bureau of Standardsから市販されているような従来のフラクタルソフトウェアプログラムを用いて数学的に表現される。典型的には、フラクタル技術においては、小さな六角形700のような小さな寸法を有する形状が、欠陥箇所Dのランダムパターン内部のようなパターン内部の空間を満たすのに使用される。空間を満たすのに必要な六角形700の数は、パターンの「フラクタル数」である。したがって、ランダムパターンを有する欠陥箇所は、それを、そのフラクタル数に対応するカテゴリーに入れることによって一般化される。

【0031】ステップ215において、それぞれの欠陥属性A〜Kが、データベースオブジェクト410のカテゴリー420に対応づけられると、それぞれのデータベースオブジェクトのそれぞれのカテゴリーは、シンボルが事前に割り当てられ、このシンボルは、好ましくは、1つの整数または複数の整数である。これが、図4Aに示され、ここでは、数値シンボル430が、データベースオブジェクト410のそれぞれのカテゴリー420に対応づけられる。「×」は、すでに分類された欠陥属性を表す。欠陥のすべての属性が分類された後、ステップ220において、欠陥には、欠陥の属性が入れられたカテゴリー420のシンボル430を所定の順序で配置することによって形成される識別子が割り当てられる（図4B参照）。好ましくは、検査の前にウエハが通過したプロセスツールにも識別シンボル440が割り当てられ、この識別シンボル440も、欠陥識別子450の数列の中の所定の位置に含められる。図4Bに示されるように、データベースオブジェクト410は、所定の順序で配置され、欠陥の属性のカテゴリーシンボル430



が、一列に並べられて、欠陥識別子450 (すなわち、12515...35) を形成する。

【0032】つぎに、ステップ225において、欠陥識別子450が、DRS160内に記憶される。この時点で、欠陥の原因が、周知の技術を用いて調査および決定され (ステップ230参照)、ステップ235において、関連する原因情報 (例えば、最後に通過したツールの特定の機械的不具合) が、例えば、DRS160内に記憶され、欠陥識別子450にリンクされる。本発明のさらなる実施形態においては、MES130内に記憶されたプロセスパラメータおよびYMS140からのデータもまた欠陥識別子450にリンクされる。その結果として、欠陥識別子450に基づいて、ユーザは、大量の欠陥情報を利用することができる。ステップ205〜235が、複数の欠陥に対して反復されると、それによって、欠陥識別子データベースがDRS160内に構築され、本発明による方法を用いて処理されたその後の検出欠陥のすべてまたは一部の欠陥識別子450に基づいてDRS160を探索することによって、欠陥原因の判定が容易になる。

【0033】そのような探索によって得られる情報の例が、図8に示され、その情報は、ユーザのために、例えば、モニター110に表示される。ユーザは、すべてまたは一部の欠陥識別子に基づいて探索することを要求する。例えば、ユーザは、フッ素を含む微粒子に関するデータ、あるいは、特定のツールにリンクされたデータを見ることを要求する。パネル810においては、欠陥発生原因に関する情報、例えば、問題の徴候、関連するツール (「プラットホーム」および「チャンバー/プロセス」)、ツールの保守履歴などが表示される。この情報は、例えば、MES130およびYMS140から集められる。パネル820〜840においては、例えば検査ツール150からの欠陥属性が、ユーザの要求に応じて表示される。パネル850は、以前の調査から収集された原因情報を表示する。パネル860および870は、例えば、推奨される是正処置およびツール修繕情報など、原因情報850にリンクされた情報を表示する。パネル880は、類似するケースとそれらの原因、および、パネル850の診断から得られた信頼水準を表示する。

【0034】図9は、図1に示される本発明の実施形態を示すブロック構成図である。この実施形態によれば、図1に示されるようなプロセッサ100は、情報を送受信するためのバス902またはその他の通信機構と、バス902に接続された情報を処理するための中央処理装置 (CPU) 904を含む。また、プロセッサ100は、ランダムアクセスメモリー (RAM) またはその他の動的記憶装置のような、バス902に接続された主記憶装置906を含み、情報およびCPU904によって実行されるべき命令を記憶する。さらに、主記憶装置9

06は、CPU904によって実行されるべき命令を実行する際に、一時的な変数またはその他の中間情報を記憶するのに使用されてもよい。さらに、プロセッサ100は、バス902に接続された読み出し専用メモリー (ROM) 908またはその他の静的記憶装置を含み、静的情報およびCPU904のための命令を記憶する。磁気ディスクまたは光ディスクのような記憶装置910が、提供され、バス902に接続され、情報および命令を記憶する。例えば、記憶装置910は、図1に示されるDRS160を含んでもよい。

【0035】プロセッサ100は、例えばバス902を介して、ブラウン管 (CRT) のようなモニター110 (図1) に接続され、ユーザに情報を表示する。英数字キーおよびその他のキーを含むキーボード120のような入力装置が、バス902に接続され、情報およびコマンドセレクションをCPU904へ送信する。別の種類のユーザ入力装置は、マウス、トラックボール、または、カーソル移動キーのようなカーソル移動制御装置916であり、移動方向情報およびコマンドセレクションをCPU904へ送信し、また、モニター110上でカーソルが移動するのを制御する。

【0036】MES130、YMS140、および、検査ツール150 (図1) は、上述したように、検査を受けている半導体ウエハに関するデータをバス902へ入力する。そのようなデータは、主記憶装置906および/または記憶装置910に記憶されてもよく、また、CPU904が命令を実行するときに、CPU904によって使用されてもよい。

【0037】本発明は、プロセッサ100を使用して半導体ウエハ表面の欠陥を分析することに関する。本発明の実施形態によれば、欠陥分析は、主記憶装置906に含まれる1つかまたはそれ以上の命令からなる1つかまたはそれ以上のシーケンスをCPU904が実行することによって、プロセッサ100によって提供される。そのような命令は、記憶装置910のような別のコンピュータ可読媒体から主記憶装置906に読み込まれてもよい。主記憶装置906に含まれる命令シーケンスを実行することによって、CPU904は、上述した処理ステップを実行する。また、多重処理構成による1つかまたはそれ以上のプロセッサが、主記憶装置906に含まれる命令シーケンスを実行するのに使用されてもよい。別の実施形態においては、ソフトウェア命令の代わりに、あるいは、ソフトウェア命令と組み合わせて、ハードワイヤード回路が、本発明を実施するのに使用されてもよい。したがって、本発明の実施形態は、ハードウェア回路とソフトウェアとのいかなる特定の組み合わせにも限定されない。装置のプログラミングは、図2および図6のフローチャートに示される技術に精通するものによって容易に実現することができる。

【0038】ここで使用された「コンピュータ可読媒

体」という用語は、命令をCPU904へ提供して実行することのできるあらゆる媒体を意味する。そのような媒体は、多くの形態をとることができ、限定はしないが、不揮発性媒体、揮発性媒体、伝送媒体などが含まれる。不揮発性媒体には、例えば、記憶装置910のような光ディスクまたは磁気ディスクが含まれる。揮発性媒体には、主記憶装置906のようなダイナミックメモリーが含まれる。伝送媒体には、バス902を構成する配線も含めて、同軸ケーブル、銅線、光ファイバーなどが含まれる。また、伝送媒体は、無線周波数(RF)データ通信および赤外線(IR)データ通信において生成される形態のような、音波または光波の形態をとってもよい。コンピュータ可読媒体の一般的な形態には、例えば、フロッピー(登録商標)ディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク、磁気テープ、その他のあらゆる磁気媒体、CD-ROM、DVD、その他のあらゆる光媒体、パンチカード、紙テープ、孔のパターンを含むその他のあらゆる物理的な媒体、RAM、PROM、EPROM、FLASH-EPROM、その他のあらゆるメモリーチップまたはメモリーカートリッジ、または、コンピュータが読み込むことのできるその他のあらゆる媒体が含まれる。

【0039】CPU904が実行すべき1つかまたはそれ以上の命令からなる1つかまたはそれ以上のシーケンスを実現するには、様々な形態のコンピュータ可読媒体が関係してもよい。例えば、命令は、最初は、遠隔のコンピュータの磁気ディスク上に存在していてもよい。遠隔のコンピュータは、命令をそのダイナミックメモリーにロードして、その命令をモデムを用いて電話回線で送信することができる。プロセッサ100のローカルなモデムは、電話回線上のデータを受信し、赤外線送信機を使用して、そのデータを赤外線信号に変換することができる。バス902に接続された赤外線検出器は、赤外線信号によって搬送されるデータを受信して、そのデータをバス902に入力することができる。バス902は、データを主記憶装置906に送出し、CPU904は、その主記憶装置906から命令を取り出して実行する。オプションとして、主記憶装置906によって受け取られた命令は、CPU904がそれを実行する前かまたは後に、記憶装置910に記憶されてもよい。

【0040】この新規性のある方法によれば、従来の検査技術によって収集された情報を用いた標準化された方法で、半導体ウエハをインプロセスで検査し、欠陥を迅速に識別することができる。さらに、欠陥の根本的な原因を容易に識別し、それによって、早期の是正処置をとることができるように、本発明は、ウエハが通過したプロセスツールと、欠陥が検出されたそれらのツールの信

頼性情報とを関連させる。したがって、本発明は、デザインルールが益々縮小しても、より高い生産能力を維持するのに寄与し、かつ、製造歩留りを増大させる。本発明は、どのような半導体ウエハの検査にも適用することができ、とりわけ、サブミクロンデザイン形状を有する高密度半導体デバイスの製造において、半導体ウエハをインプロセスで検査するのに有効である。

【0041】本発明は、従来の材料、方法、および、装置を用いて実施することができる。したがって、ここでは、そのような材料、方法、および、装置については詳細に説明しない。上述においては、本発明を十分に理解できるように、多くの特定の材料、構造、化学物質、プロセス、などについて詳細に説明した。しかしながら、本発明は、そのような説明に頼らなくても実施できることに注意されたい。他の実施形態においては、不必要に本発明を曖昧なものにしないように、良く知られている処理構造は詳細に説明していない。

【0042】本発明の好ましい実施形態を、その融通性にもかかわらず、ほんのいくつかだけここで図示および説明した。本発明は、その他の様々な組み合わせおよび環境で使うことができ、かつ、ここで説明された発明の概念の範囲において様々に変更および変形することができることを理解されたい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を実施するのに使用される装置の概略図である。

【図2】本発明の実施形態による方法において順次に実行されるステップを説明するフローチャートである。

【図3】本発明の方法を説明する概念フローチャートである。

【図4】図4Aは、本発明の実施形態によるデータベースオブジェクトおよびそのサブセットを説明する図であり、図4Bは、本発明による欠陥識別子の構造を説明する図である。

【図5】図5Aは、検査ツールによって作成された従来の欠陥マップを説明する図であり、図5Bは、本発明の実施形態による半導体ウエハ表面の分割を説明する図である。

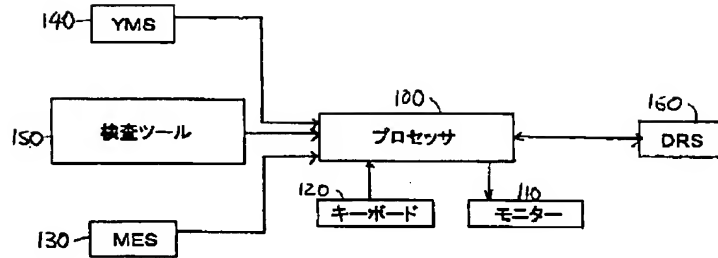
【図6】本発明の別の実施形態による方法において順次に実行されるステップを説明するフローチャートである。

【図7】図7A～図7Dは、本発明の実施形態による欠陥分析を概略的に説明する図である。

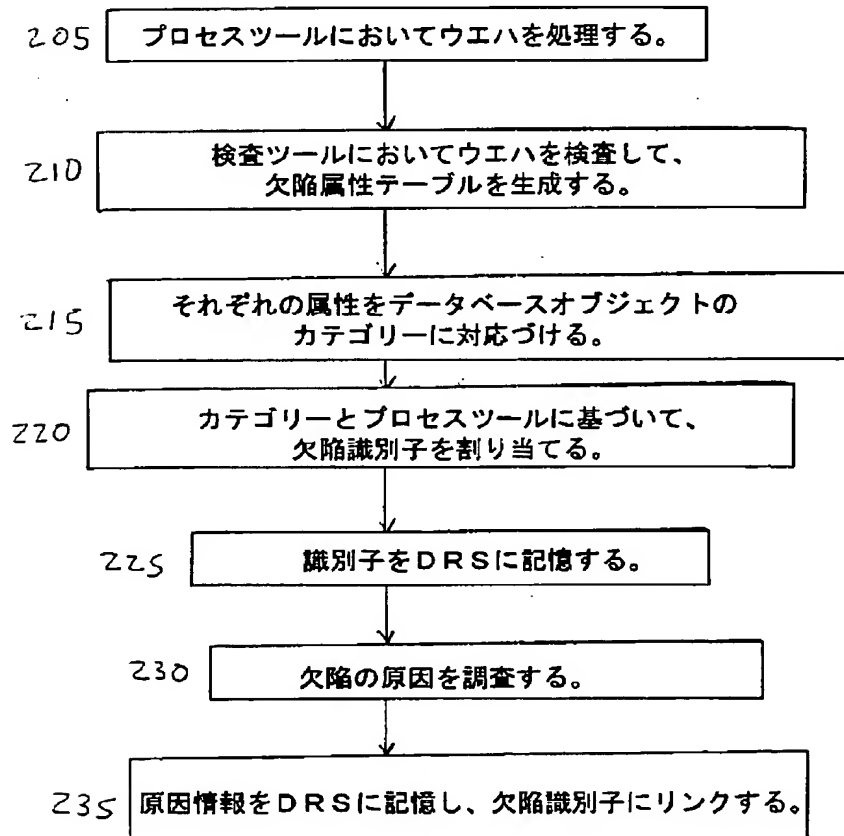
【図8】本発明の方法による欠陥分析の表示結果を示す図である。

【図9】本発明の実施形態を説明するブロック構成図である。

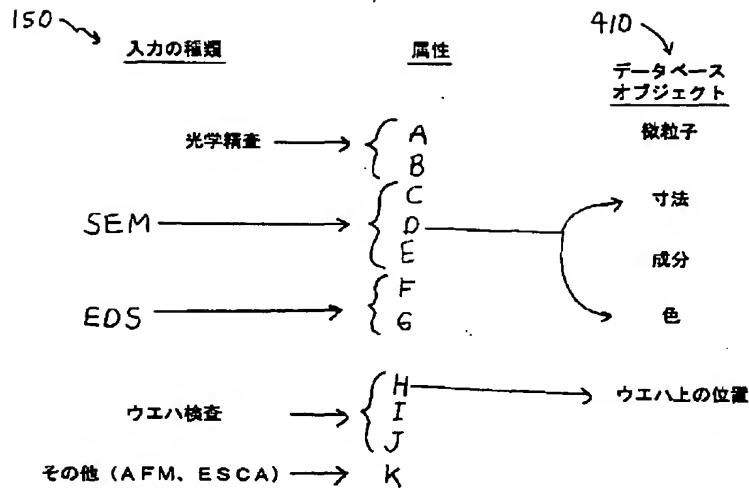
【図1】



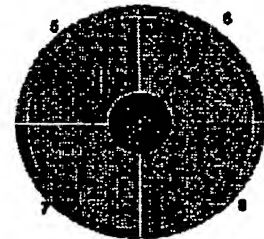
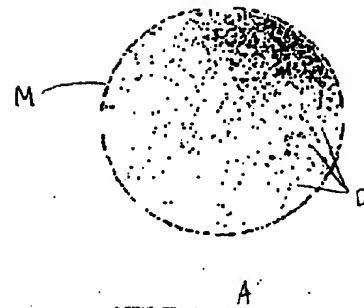
【図2】



【図3】



【図5】



【図4】

410 球の直径

430	1	2	3	4
420	0-1 μm	1-2 μm	2-3 μm	3-4 μm
		X		

450

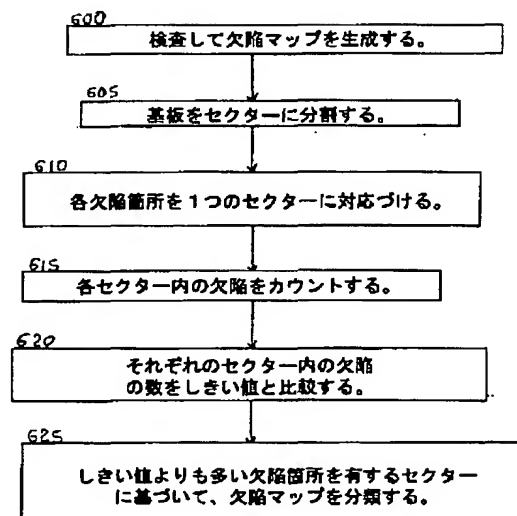
410

430

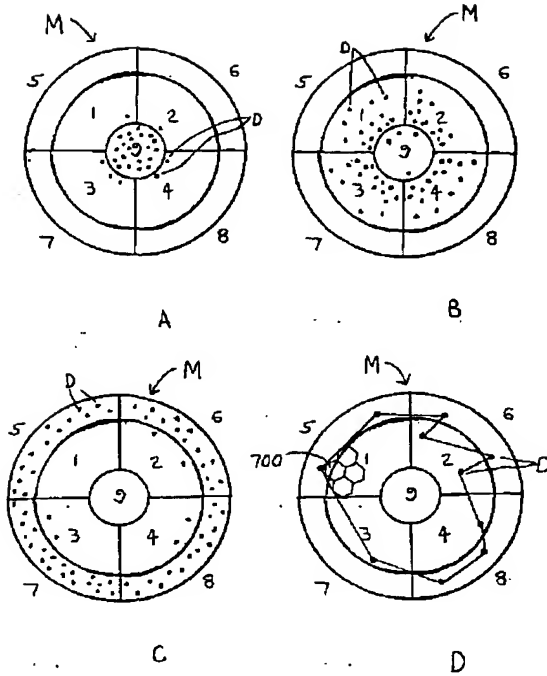
欠陥識別子	微粒子 パターン	形状	寸法	組成	...	ツール 識別子
12515...	1	2	5	15		35

B

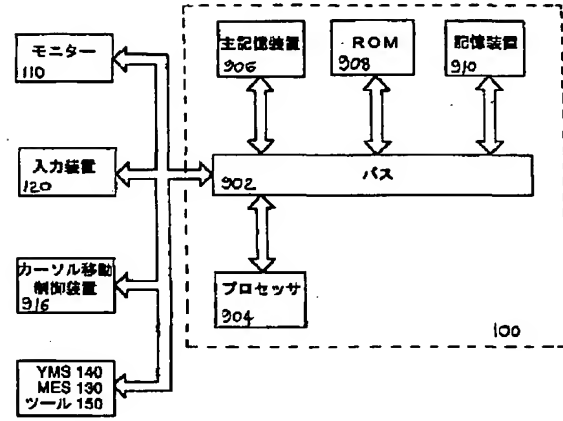
【図6】



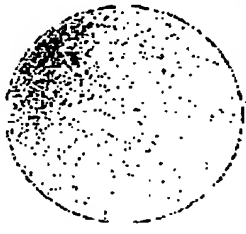
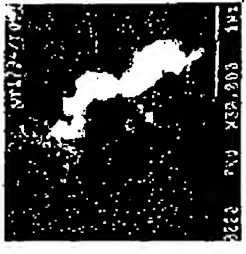
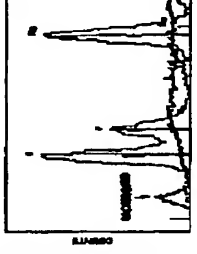
【図7】



【図9】



【図8】

問題発生源 810	欠陥の数および寸法 820	欠陥の構造 830	化学組成 840
<b>微候</b> 微粒子カウント数>230@0.16μm <b>プラットホーム</b> Enduraシステム3282 <b>チャンバー/プロセス</b> PVD TTN/TTN 350C <b>保守</b> 10,200枚のウエハ	<b>ウエハ欠陥マップ</b> 	<b>SEM画像</b> 	<b>EDXスペクトル</b> 
根本原因 850	是正処置 860	参考文献 870	分析 880
<b>ケース番号およびタイトル</b> 固有ケース番号 ビトンスリットバルブ Oリングの故障 <b>概要</b> 高すぎる温度で動作したこと によるビトンスリットバルブ Oリングの故障 <b>根本原因</b> チャンバー動作温度が50℃ だけOリング設計限界を超えた ことによるOリングの早期故障	<b>推奨処置</b> 1. ビトンOリングを 取り外す 2. 湿式洗浄 ハイパーリンク 3. 再度スリットバルブ ドアを位置合わせする 4. (オプション) 新しい一体 Oリングスリットバルブドア を取り付けて信頼性を増大させる	<b>関連文獻</b> 1. Oリングの挿入/取り外し手順 2. 湿式洗浄手順 3. 位置合わせ手順 4. 一体Oリング報告書 <b>補足:</b> 解決法確認データ 実験手順 検査 分析 根本原因の確認	<b>関連ケース</b> <b>関連ケースの参照</b> ケース 信頼水準 20 スリットバルブOリング 75% 4 チャンバー蓋Oリング 20% 2 その他のOリング 5% - バレート分析 - 変形検査

フロントページの続き

(72)発明者 ハーヴェイ ステファニー  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
サン ノゼ, ノース 6 ティエイチ ス  
トリート 1008

(72)発明者 テリー リーズ  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
サン ノゼ, ベイ ストリート 397